





# DEBRIS REMOVER FOR X-RAY LIGHT SOURCE AND ALIGNER COMPRISING IT

## BEST AVAILABLE COPY

**Patent number:** JP2003022950  
**Publication date:** 2003-01-24  
**Inventor:** OGUSHI NOBUAKI; MIYAKE AKIRA; WATANABE YUTAKA  
**Applicant:** CANON INC  
**Classification:**  
- international: H01L21/027; A61B5/117; G03F1/16; G03F7/20  
- european:  
**Application number:** JP20010205319 20010705  
**Priority number(s):**

Also published as:

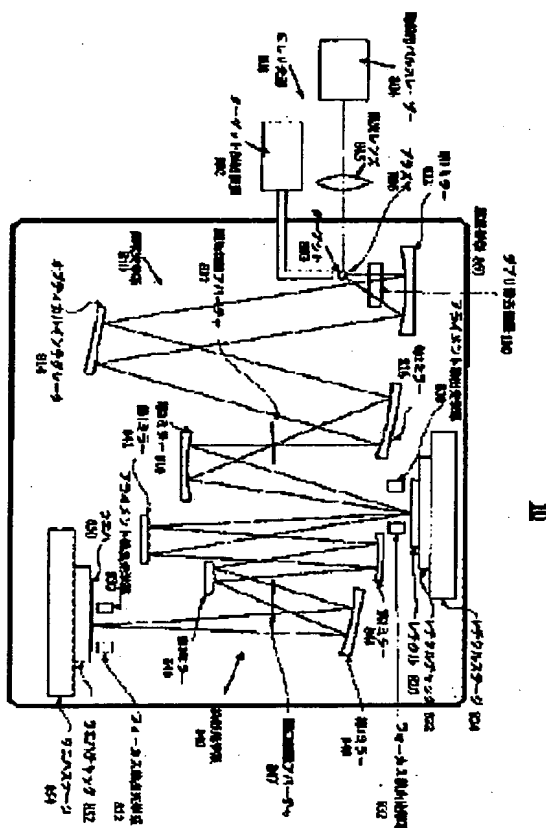
 EP1274287 (A1)  
 US6867843 (B2)  
 US2003020890 (A1)  
 EP1274287 (B1)

Report a data error here

### Abstract of JP2003022950

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a debris remover for removing debris while ensuring a good utilization efficiency of EUV light, and an aligner comprising it.

**SOLUTION:** The debris remover for preventing debris generated at the X-ray emitting point of an X-ray light source from reaching the optical system by generating plasma comprises an adsorbing section having a plane extending in parallel or substantially parallel with the optical axis of the optical system and adsorbing the debris, and a section for rotating the adsorption plane at the adsorbing section about an axis passing through the light emitting point.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-22950

(P2003-22950A)

(43) 公開日 平成15年1月24日 (2003.1.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 1/16	A 2 H 0 9 5
A 6 1 B 5/117		7/20	5 0 3 2 H 0 9 7
G 0 3 F 1/16		H 0 1 L 21/30	5 3 1 A 4 C 0 3 8
7/20	5 0 3		5 3 1 S 5 F 0 4 6
		A 6 1 B 5/10	3 2 2
		審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 14 頁)	

(21) 出願番号 特願2001-205319(P2001-205319)

(22) 出願日 平成13年7月5日 (2001.7.5)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 大串 信明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者 三宅 明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人 100110412

弁理士 藤元 亮輔

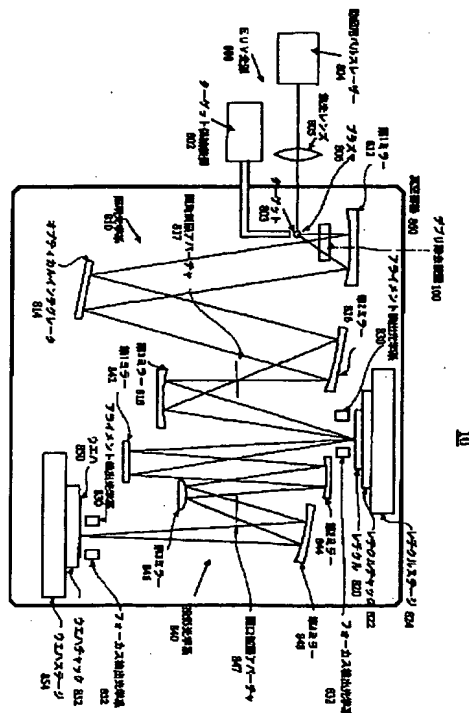
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線光源用デブリ除去装置及び、デブリ除去装置を用いた露光装置

## (57) 【要約】

【課題】 良好なデブリ除去と良好なEUV光の利用効率を両立することができるデブリ除去装置及び方法、並びに、当該デブリ除去装置を用いた露光装置を提供する

【解決手段】 プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光学系の光軸に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を前記発光点を通る軸回りに回転させる回転部とを有するデブリ除去装置を提供する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光源から放出される光線に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を軸回りに回転させる回転部とを有し、前記吸着部は、発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、速度 $vc = 100$  (m/sec) のデブリが除去できるように、 $vc = 100 \leq nd\omega / (2\pi)$  の関係が成立するデブリ除去装置。

【請求項2】 プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光源から放射される光線に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を前記発光点を通る軸回りに回転させる回転部とを有するデブリ除去装置。

【請求項3】 前記吸着部は、デブリ発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、速度 $vc = 100$  (m/sec) のデブリが除去できるように、 $vc = 100 \leq nd\omega / (2\pi)$  の関係が成立する請求項2記載のデブリ除去装置。

【請求項4】 前記吸着部は、デブリ発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、前記デブリの平均速度を $vm$  (m/sec) とすると、 $\{nd\omega / (2\pi vm)\} \geq 1/2$  の関係が成立する請求項2記載のデブリ除去装置。

【請求項5】 プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光学系の光軸に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を軸回りに回転させる回転部とを有し、前記吸着部のデブリ発散光方向の長さを $d$ 、前記回転軸を中心とした前記回転部の半径を $r_0$ 、回転軸を中心とした吸着部の半径を $r_1$ 、X線が通過できる面積を $S_0$ 、回転軸上での前記回転部の中点と前記発光点を結ぶ直線と前記回転軸とのなす傾斜角を $\phi$  ( $0 \leq \phi < \pi/2$ )、前記吸着部のフィンの枚数を $n$ 、 $n$ 枚のフィンが遮光する面積 $S_1$ 、回転軸と光軸が一致したときの利用

効率が100%となるように定義した時の利用効率を $E$  (%)、としたとき以下の条件式を満たすデブリ除去装置。

$$S_0 = \pi (r_1^2 - r_0^2)$$

$$S_1 = (n/2) (r_1 - r_0) d \sin \phi$$

$$E = (1 - S_1 / S_0) * 100$$

$$E \geq 50$$

$$0 \leq \phi \leq \arcsin (\pi (r_1 + r_0) / (nd))$$

【請求項6】 前記吸着部はデブリ発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、速度 $vc = 100$  (m/sec) のデブリが除去できるように、 $vc = 100 \leq nd\omega / (2\pi)$  の関係が成立する請求項5記載のデブリ除去装置。

【請求項7】 前記吸着部は、デブリ発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、前記デブリの平均速度を $vm$  (m/sec) とすると、 $\{nd\omega / (2\pi vm)\} \geq 1/2$  の関係が成立する請求項5記載のデブリ除去装置。

【請求項8】 パターンが形成されたマスクを照明する照明装置であって、請求項乃至のうちのいずれか一項記載のデブリ除去装置と、前記デブリ除去装置を経た前期前記X線を使用する請求項1乃至7のうちのいずれか一項記載の光学系とを有する照明装置。

【請求項9】 請求項1乃至8のうちのいずれか一項記載の照明装置と、前記パターンを被処理体に結像する投影光学系とを有する露光装置。

【請求項10】 請求項1乃至8のうちのいずれか一項記載の照明装置を有し、前記マスクを被処理体に近接して露光する露光装置。

【請求項11】 請求項1乃至10のうちのいずれか一項記載のデブリ除去装置と、前記X線光源が電極にガスを流して放電することによってプラズマを発生させてX線を発生させるX線光源を有するデブリ除去装置とを有する光源部。

【請求項12】 請求項1乃至10のうちのいずれか一項記載のデブリ除去装置と、前記X線光源がレーザー光を利用してプラズマを発生させてX線を発生させるX線光源を有するデブリ除去装置とを有する光源部。

【請求項13】 請求項1乃至12のうちのいずれか一項記載の露光装置を用いて前記被処理体を投影露光する工程と、前記投影露光された前期被処理体に所定のプロセスを行う工程とを有するデバイス製造方法。

【請求項14】 請求項1乃至13記載のうちのいずれか一項記載の露光装置を用いて投影露光された被処理体により製造されるデバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造における微細なパターンを転写するためのX線投影露光装置及びX線近接露光装置用のX線光源に関わるものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなってきている。従来、半導体素子を製造するための焼付け（リソグラフィー）方法としては紫外線を用いた縮小投影露光が行われているが、縮小投影露光で転写できる最小の寸法は転写に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数に反比例することから、より微細な回路パターンを転写するために水銀ランプi線（波長365nm）、KrFエキシマレーザー（波長248nm）、ArFエキシマレーザー（波長193nm）というように用いられる露光光の短波長化が進んでいた。

【0003】しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外光を用いたリソグラフィーでは限界がある。そこで0.1 $\mu$ mを下回るような非常に微細な回路パターンを効率よく焼き付けるために、紫外線よりも更に波長が短い波長10乃至15nm程度の極端紫外光（EUV光）を露光光に用いた投影露光装置が開発されている。

【0004】EUV光源としては、例えば、レーザープラズマ光源が用いられる。これは真空容器中に置かれたターゲット材に高強度のパルスレーザー光を照射し、高温のプラズマを発生させ、これから放射される例えば波長13nm程度のEUV光を利用するものである。ターゲット材としては、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等の手段で真空容器内に供給される。ターゲットから放射されるEUV光の平均強度を高くするためにはパルスレーザーの繰り返し周波数は高い方が良く、通常数kHzの繰り返し周波数で運転される。

【0005】しかし、EUV光源の一方式であるレーザープラズマは、ターゲットに高強度のパルスレーザー光を照射することでターゲットからEUV光を発生するが、それとともにデブリと呼ばれる飛散粒子を発生してしまい、それが光学素子を汚染、損傷し、反射率の低下を引き起こしてしまう。そこで、デブリがターゲットから光学素子に到達することを防止するデブリ除去装置が従来から提案されている。

【0006】図11及び図12に従来のデブリ除去装置500及び600を一例を示す。同図に示すように、デブリ除去装置500又は600は、回転体510又は610の開口部520又は620が光軸を横切るタイミングになるように制御回路570又は670により同期制御しモーター540又は640によりシャフト530又は630を介して回転体510又は610を回転させ

て、パルスレーザー550又は650をターゲット560又は660に当ててEUV光580又は680を発生させ、デブリ590又は690とEUV光580又は680の速度差を利用してデブリ590又は690を阻止し、EUV光580又は680だけを取り出すことができる。

【0007】また、公開特許平成9年第320792号公報に開示されているデブリ除去装置を図13に示す。同図に示すように、励起エネルギービーム904をターゲット材902に当てプラズマ906を発生させたことにより、プラズマ906から放出された飛散粒子を飛散粒子遮蔽部材908及び飛散粒子阻止部材910により阻止し、更にX線を取り出す範囲に相当する立体角領域912を通過可能な羽根916と軸914からなる可動部を有する飛散粒子拡散・阻止部材918を、軸914を回転軸として羽根916を回転させることによって飛散粒子を羽根916に付着させるという装置が開示されている。また、その他にも、発光に同期して開閉するシャッター機構や、フィルタによりデブリを除去するという方式が提案されている。

【0008】デブリの問題はレーザープラズマ方式のみならず、電極にXe等のガスを流して放電させることでプラズマを生成し、EUV光を発生させるディスチャージ方式に関しても共通の課題とされている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のデブリ除去装置は良好なデブリ除去と良好なEUV光の利用効率を両立することは困難であるという問題を有していた。露光装置において、スループットは基本性能の一つであり、それを高めるためには、照明光強度を高めなければならない。そこで、EUV光を効率よく利用するために集光ミラーを用いて、取り込み角を約 $\pi$ ステラジアン程度に大きくしたい要求がある。しかしシャッター方式で、取り込み角を大きくするためには開口部を広げなければならない、結果としてデブリの除去効率も低下してしまう。また、フィルタ方式では、発光点からの熱的な影響を減らすためにある程度距離を保つ必要があり、取り込み角を大きくすると、フィルタも大きく且つ厚くせざるを得ない。そうするとEUV光がフィルタに吸収されることによる減衰が大きい上に定期的にフィルタの交換をすることが必要となり好ましくない。

【0010】そこで、本発明は、良好なデブリ除去と良好なEUV光の利用効率を両立することができるデブリ除去装置及び方法、並びに、当該デブリ除去装置を用いた露光装置を提供することを本発明の例示的目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の一側面としてのデブリ除去装置は、プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発

光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光源から放射される光線に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を軸回りに回転させる回転部とを有し、前記吸着部は、発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、速度 $vc=100$  (m/sec) のデブリが除去できるように、 $vc=100 \leq nd\omega / (2\pi)$  の関係が成立する。かかるデブリ除去装置によれば、吸着面を軸回りに回転させることで発光点から光学系に向かって飛散するデブリを吸着面に吸着させることができる。また、吸着部が光源から放射される光線に平行もしくはほぼ平行に配置されているのでEUV光を遮ることがなく利用効率を減らさずにデブリ除去を行うことができ、上記の関係式を満たすとき速度 $vc=100$  (m/sec) 以下のデブリを完全に除去することができる。

【0012】本発明の別の側面としてのデブリ除去装置は、プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光源から放射される光線に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を前記発光点を通る軸回りに回転させる回転部とを有する。かかるデブリ除去装置によれば、吸着面を光源から放射される光線に平行もしくはほぼ平行に配置していることで、光を遮ることなくデブリを吸着することができる。また、吸着面を発光点を通る軸回りに回転させることから軸で光を遮ることもないので利用効率を減らすことがない。

【0013】前記吸着部は、デブリ発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、速度 $vc=100$  (m/sec) のデブリが除去できるように、 $vc=100 \leq nd\omega / (2\pi)$  の関係が成立する。この関係式を満たすとき、速度 $vc=100$  (m/sec) 以下のデブリを完全に除去することができる。

【0014】前記吸着部は、デブリ発散光方向の長さ $d$  (m) の $n$ 枚のフィンからなり、前記回転部は、前記フィンを前記光軸周りに回転速度 $\omega$  (rad/sec) で回転させ、前記デブリの平均速度を $vm$  (m/sec) とすると、 $\{nd\omega / (2\pi vm)\} \geq 1/2$  の関係が成立する。この関係式を満たすときX線の利用効率が50%以上になる。

【0015】本発明の別の側面としてのデブリ除去装置は、プラズマを発生し、X線を発生させるX線光源の前記X線の発光点で発生したデブリが光学系に到達することを防止するデブリ除去装置であって、前記光学系の

光軸に平行もしくはほぼ平行な前記デブリを吸着する吸着面を含む吸着部と、前記発光点と前記光学系との間で、前記吸着部の吸着面を軸回りに回転させる回転部とを有し、前記吸着部のデブリ発散光方向の長さを $d$ 、前記回転軸を中心とした前記回転部の半径を $r_0$ 、回転軸を中心とした吸着部の半径を $r_1$ 、X線が通過できる面積を $S_0$ 、回転軸上での前記回転部の中点と前記発光点を結ぶ直線と前記回転軸とのなす傾斜角を $\phi$  ( $0 \leq \phi < \pi/2$ )、前記吸着部のフィンの枚数を $n$ 、 $n$ 枚のフィンが遮光する面積 $S_1$ 、回転軸と光軸が一致したときの利用効率が100%となるように定義した時の利用効率を $E$  (%)、としたとき以下の条件式を満たすデブリ除去装置。

$$\begin{aligned} \text{【0016】 } S_0 &= \pi (r_1^2 - r_0^2) \\ S_1 &= (n/2) (r_1 - r_0) d \sin \phi \\ E &= (1 - S_1 / S_0) * 100 \\ E &\geq 50 \end{aligned}$$

$0 \leq \phi \leq \arcsin (\pi (r_1 + r_0) / (nd))$   
かかるデブリ除去装置によれば、吸着面を光源から放射される光線に平行もしくはほぼ平行に配置していることで、光を遮ることなくデブリを吸着することができ、吸着面は発光点を通る軸回りに回転していることから軸で光を遮ることもないので利用効率を減らすことがない。また、上記の関係式を満たすときデブリを完全に除去することができる。

【0017】本発明の別の側面としての照明装置は、パターンが形成されたマスクを照明する照明装置であって、デブリ除去装置と、前記デブリ除去装置を経た前記X線を使用する光学系とを有する。かかる照明装置によれば、デブリ除去装置によりデブリが除去されることでミラーにデブリが付着するのを妨げ、照明系の反射率を低下させることなくパターンが形成されたマスクを照明することができる。

【0018】本発明の別の側面としての光源部は、レーザープラズマ方式又はガスディスチャージ方式でX線を発生させるX線光源と、上述のデブリ除去装置とを有する。デブリ除去装置を設けることで発光点で発生したデブリを効果的に除去ことができ、集光ミラーの反射率の低下を大幅に緩和することができる。また、吸着面が光学系の光軸に平行もしくはほぼ平行になっていることで光を遮らずにデブリを吸着させることができる。

【0019】本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて前記被処理体を投影露光するステップと、前記投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有する。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0020】本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の例示的なデブリ除去装置100を用いた露光装置10について説明する。なお、各図において同一の参照番号は同一部材を表している。図1は、露光装置10の概略平面図である。露光装置10は露光光としてEUV光（例えば、波長13.4nm）を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行うX線投影露光装置である。

【0022】図1を参照するに、露光装置10は、EUV光源800、デブリ除去装置100、照明光学系810、反射型レチクル820、アライメント光学系830、投影光学系840、レチクルステージ824、ウェハステージ854を有し、照明光学系810からウェハステージ854までを真空容器860に収納する。

【0023】本実施形態のEUV光源800は、例えば、レーザープラズマ光源を使用する。レーザープラズマ光源800は真空容器860中に置かれたターゲット供給装置802によって供給されたターゲット材803に高強度のパルスレーザー光をパルスレーザー804から集光レンズ805を介して照射し、高温のプラズマ806を発生させ、これから放射される、波長13nm程度のEUV光を利用するものである。ターゲット材803は、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等のターゲット供給装置802により真空容器内860に供給される。放射されるEUV光の平均強度を高くするためにはパルスレーザー804の繰り返し周波数は高い方が良く、通常数kHzの繰り返し周波数で運転される。あるいは、放電プラズマ光源が用いられる。これは真空容器中860に置かれた電極周辺にガスを放出し、電極にパルス電圧を印加し放電を起こし高温のプラズマ806を発生させ、これから放射される例えば波長13nm程度のEUV光を利用するものである。

【0024】照明光学系810はEUV光を伝播してマスク又はレチクル（本出願では両者を交換可能に使用する。）820を照明する。本実施形態では、照明光学系810は、第1乃至第3ミラー812、816及び818と、オブティカルインテグレータ814と、アパーチャ817とを有する。第1ミラー812はプラズマ806からほぼ等方的に放射されるEUV光を集める。オブティカルインテグレータ814はレチクル820を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。また、照明光学系810のレチクル820と共役な位置にはレチクル820面で照明される領域を円弧状に限定するためのアパーチャ817が設けられる。

【0025】デブリ除去装置100は発光点と光学系の間に配置されている。図2に、図1に示す露光装置10

に適用可能な、レーザープラズマ光源804及びデブリ除去装置100の構成例を示す。図2(a)はデブリ除去装置100の正面図であり、図2(b)はデブリ除去装置100と光源800との配置を示す平面図であるが、図2(b)に示すデブリ除去装置100は、図2(a)に示す点線における断面として表示されている。

【0026】図2に示すレーザープラズマ光源804は、ターゲット材供給ノズル260によってXeなどのターゲット材270を発光点210に供給し、パルスレーザー804を集光レンズ805を介してターゲット材270に照射してEUV光を発生させるというレーザープラズマ方式を用いる。EUV光が発生する際に同時に生じるデブリ230はデブリ除去装置100によって除去される。

【0027】デブリ除去装置100は、図2に示すように、モーター110と、シャフト120と、複数のフィン130とを有する。フィン130は、発光点210と、図1の第1ミラー812に相当する集光ミラー240の間に配置される。モーター110は集光ミラー240の後部に配置され、シャフト120を穴242より貫通させている。そして、モーターにより回転数 $\omega$  (rad/sec)でシャフトを介してフィン130を回転する。

【0028】モーター110は、シャフト120を介してシャフト120に取り付けられているフィン130を回転させる。シャフト120には複数の同一形状のフィン130が取り付けられており、フィン130を回転するための回転軸として機能する。特徴的に、回転軸は、図1における806に相当する発光点210を通るように配置されている。これにより、シャフト120と光軸との軸ずれによる遮光部分の発生を最小限にとどめることができる。

【0029】フィン130は、デブリ230を吸着する吸着部である。フィン130は、本実施形態においては、扇形状を有する8枚の薄い板が等間隔でシャフト120に設けられている。フィン130は、発光点210及び集光点220から見た投影面積分で遮光されてしまう分を最小化するようにできる限り厚みが薄くしてある。フィン130はシャフト120を中心として、シャフト120のまわりに一定の角度(45度)おきに取り付けられている。図2においては、フィン130は8枚設置してあるが、フィン130の枚数は限定しない。またフィン130の形状も扇形に限定されない。但し、扇形であれば、発光点210から見た角度方向のデブリ除去性能が等しくなるという特徴がある。もちろん全てのフィン130が同一形状でなくてもよい。

【0030】フィン130は、発光点210から光学系に向う光軸に対して平行またはほぼ平行に配置されている。「ほぼ平行」とは、シャフト120が光軸から傾斜する場合、フィン130の面132が曲面やねじれ面の

場合などを広く含む。本方式では、発光点210から光学系に向けて飛散しているデブリ230のみを面132において横たたきにより吸着及び捕獲する。

【0031】デブリ除去装置100はEUV光250とデブリ230の速度差を利用して、デブリ230のみを遮蔽するものである。デブリ230は100m/sec以下の低速なものから、10000m/sec程度の高速なものまで存在すると一般に考えられている。また、低速なデブリほど粒子が大きく、ミラーの汚染に対する寄与が大きい。以下に設計例を示す。

【0032】フィン130の発散光方向の長さをd (m)とし、フィン130の枚数をn枚(図2では8枚)、回転速度を $\omega$  (rad/sec)とする。発光点

$$v_c = d / t = d / (2\pi / n\omega) = nd\omega / (2\pi)$$

【0034】と表すことができる。仮に、 $n=8$ 、 $d=0.1$  (m)、 $\omega=250\pi$  (rad/sec) (=7500rpm)とすると、 $v_c$ は、100m/secとなり、ミラーの汚染に主として寄与する大きなデブリを阻止することができる。また、 $n=100$ 、 $d=0.1$  (m)、 $\omega=2000\pi$  (rad/sec) (=6000rpm)とすると、 $v_c$ は、10000m/secとなる。また、 $v_c$ 以上の速度のデブリ230に関しては、完全には除去できない。デブリ230が抜けるか、吸着されるかは、図4の"through"と"sto

210からの距離r (m)を縦軸に取り、時間t (sec)を横軸に取ったとき、図4に示す通り、速度は傾きで表される。速度(傾き)が大きいとデブリ230はフィン130の間を抜ける確率が高くなり、速度(傾き)が小さいとデブリ230はフィン130に吸着される。ある空間上の一点をフィン130が横切ってから、次のフィン130が横切るまでの時間t (sec)は $2\pi / (n\omega)$ で表され、その時間内に長さd (m)のフィン130の間を抜けるかどうかでデブリ230を吸着できるか、抜けるかが決まる。よって、完全除去できるデブリの最高速度 $v_c$  (m/sec)は、

【0033】

【数1】

p"で示される領域のようにフィン130の可動範囲にデブリ230が進入するタイミング(位相)で決まる。あるデブリ230の速度をv (m/sec)としたとき、"stop"の領域の角度は、 $d\omega / v$  (rad)で表される。フィン130の間隔は $2\pi / n$  (rad)なので、そのときの除去率R (%)はそれらの比で表すことができる。

【0035】

【数2】

$$R = (d\omega / v) / (2\pi / n) * 100 = nd\omega / (2\pi v) * 100$$

【0036】つまり $v > v_c$ において、除去率Rはデブリ速度vと反比例になっている。図5に除去率のグラフを示す。光の速度は $3 * 10^8$  m/secであるため、フィン130に当たる確率は、0.0033%で実質的な損失はない。むしろフィン130の断面積分や、シャフト120と光軸との軸ずれにより、発光点210及び集光点220から見た投影面積分で遮光されてしまう分を最小化するようにできる限りフィン130を薄く、シャフト120を精度良く光軸と合わせることが利用効率

を上げるために重要である。デブリ230の平均速度を $v_m$ とし、その速度のデブリ230を50%阻止できれば、光学系の寿命はおよそ2倍に伸ばすことができ、本件のデブリ230除去効果は十分あると言える。そのとき、以下の関係式を満足することでデブリ除去率50%を実現できる。

【0037】

【数3】

$$R = nd\omega / (2\pi v_m) * 100 \geq 50$$

【0038】図3は、回転軸ずれによるEUV光の利用効率を簡単なモデルで説明したものである。ここでは、簡便のため、フィン形状は長方形で、EUV光の発散は考慮せず、平行光で考える。フィン(投光部)のデブリ発散方向の長さをd、遮蔽部となるシャフトの半径をr

$o$ 、シャフトを含めたフィンの半径 $r_1$ としたとき、フィンの厚さが無視できるほど薄いとき、EUV光が通過できる面積は $S_0$ は、

【0039】

【数4】

$$S_0 = \pi (r_1^2 - r_0^2)$$

【0040】で表される。一方、この部材が回転軸上でのフィンの端部からの長さが $d/2$  (フィンの回転方向の中心)点と発光点を結ぶ直線と回転軸とがなす傾斜角度を $\phi$  ( $0 \leq \phi < \pi/2$ )とすると、1枚のフィンが遮光する面積は、フィンの放射される角度で異なり、0~

$(r_1 - r_0) d \sin \phi$ の値を取る。フィンがn枚あるとき、この最大値に $n/2$ をかけた値がフィン全体が遮光する面積 $S_1$ で、

【0041】

【数5】

$$S_1 = (n/2) (r_1 - r_0) d \sin \phi$$

【0042】となる。シャフトとEUV光軸が完全に一致したときの利用効率が100%となるように定義すると、利用効率E(%)は、

$$E = (1 - S_1 / S_0) * 100$$

【0044】と表される。利用効率Eを仮に50%以上にしたいとき、 $E \geq 50$ となり、この条件のもとに(4)、(5)、(6)式を傾斜角 $\phi$ について整理する

$$0 \leq \phi \leq \arcsin(\pi(r_1 + r_0) / (nd))$$

【0046】となる。例として、 $n=8$ 、 $d=0.1$ (m)、 $r_1=0.1$ (m)、 $r_0=0.05$ (m)としたとき、 $\phi \leq 36^\circ$ となる。また、フィン枚数を増やして、 $n=100$ としたとき、 $\phi \leq 2.7^\circ$ となり、かなり軸ずれの影響度が大きくなる。

【0047】また、本実施例は全体が軸対称な構成になっていて、反射光が回転軸の延長上に集光し、デブリストッパでは遮られないため、光の利用効率が最も高い実施形態である。

【0048】また、この方式はポイントソースX線源を用いたアプリケーション、例えば、反射率計測器、波面計測器、顕微鏡、形状計測器、医療器、組成分析器、構造解析器にも有用であることは言うまでも無い。

【0049】投影光学系840は、投影系第1ミラー842と投影系第2ミラー844と投影系第3ミラー846と投影系第4ミラー848とから構成されパターンをウェハ面上に結像する。ミラー枚数は少ないほうがEUV光の利用効率が高いが、収差補正が難しくなる。収差補正に必要なミラー枚数は4枚から6枚程度である。ミラーの反射面の形状は凸面または凹面の球面または非球面である。開口数NAは0.1~0.2程度である。ミラーは低膨張率ガラスやシリコンカーバイド等の剛性が高く硬度が高く、熱膨張率が小さい材料からなる基板を、研削、研磨して所定の反射面形状を創生した後、反射面にモリブデン/シリコンなどの多層膜を成膜したものである。

【0050】レチクルステージ824とウェハステージ854は、縮小倍率に比例した速度比で同期して走査する機構をもつ。ここで、レチクル820又はウェハ850面内で走査方向をX、それに垂直な方向をY、レチクル820又はウェハ850面に垂直な方向をZとする。

【0051】レチクル820には所望のパターンが形成され、レチクルステージ824上のレチクルチャック822に保持される。レチクルステージ824はX方向に移動する機構をもつ。また、X方向、Y方向、Z方向、及び各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、レチクル820の位置決めができるようになっている。レチクルステージ824の位置と姿勢はレーザ干渉計によって計

【0043】

【数6】

と、

【0045】

【数7】

測され、その結果に基づいて位置と姿勢が制御される。

【0052】ウェハ850は、ウェハチャック852によってウェハステージ854に保持される。ウェハステージ854はレチクルステージ824と同様にX方向に移動する移動機構をもつ。また、X方向、Y方向、Z方向、及び各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、ウェハ850の位置決めができるようになっている。ウェハステージ854の位置と姿勢はレーザ干渉計によって計測され、その結果に基づいて位置と姿勢が制御される。

【0053】アライメント検出光学系830によってレチクル820の位置と投影光学系840の光軸との位置関係、及びウェハ850の位置と投影光学系840の光軸との位置関係が計測され、レチクル820の投影像がウェハ850の所定の位置に一致するようにレチクルステージ824及びウェハステージ854の位置と角度が設定される。また、フォーカス検出光学系832によってウェハ850面でZ方向のフォーカス位置が計測され、ウェハステージ854の位置及び角度を制御することによって、露光中は常時ウェハ面を投影光学系840による結像位置に保つ。

【0054】ウェハ850上で1回のスキャン露光が終わると、ウェハステージ854はX、Y方向にステップ移動して次の走査露光開始位置に移動し、再びレチクルステージ824及びウェハステージ854が投影光学系の縮小倍率に比例した速度比でX方向に同期走査する。

【0055】このようにして、レチクル820の縮小投影像がウェハ850上に結像した状態でそれらを同期走査するという動作が繰り返される。(ステップ・アンド・スキャン)。こうしてウェハ850全面にレチクル820の転写パターンが転写される。

【0056】また、EUV光がガスにより吸収されるのを防止するため、EUV光が照射される光学素子が置かれた空間に残留していた炭素を含む分子を付着させないために、EUV光が伝播する空間や光学素子が置かれた空間は、一定の圧力以下に保たれている必要がある。よって、光源や照明光学系810や投影光学系840の光学素子、レチクル820、ウェハ850などは真空容器860に入れられ真空度を満たすように排気される。



【0057】図6は本発明に係るレーザープラズマ光源及びデブリ除去装置の概要図である。本実施例では、レーザープラズマ方式のうち、例えばCu等の金属ターゲット310をテープ状にし、リール320で送ることで新たな面を利用するものである。この方式だと発光部の機構がある程度大きくなってしまいうため、図2のように同じ軸上に発光点210と集光点220を設けることが難しい。そこで図6のように軸外しの光学系になる。この構成だと、フィン130は反射光を妨げないような配置にする必要があり、フィン130の発散光方向の長さd(m)を大きく取ると、集光ミラー240を離さざるを得ず、ミラーが大きくなってしまふ。また、集光効率もデブリ除去率もノズル260でターゲット材270を供給する方式ほどには上げられないが、光源の構成に自由度が高い実施形態である。

【0058】露光装置の光源部は、本実施例のみに限定されない。図7は本発明に係るディスチャージ方式の一つであるZピンチ方式の光源及びデブリ除去装置の概要図である。410は高電圧電源で、そのエネルギーをコンデンサ420に蓄え、スイッチ430をオンにすると、エンクロージャー440内にプラズマ450が発生し、EUV光250が発光する。それとともにデブリ230が発生するが、デブリ除去装置のフィン130Aにより吸着される。ディスチャージ方式では、取り込む立体角が小さいので、回転軸の延長線上から発光点が多少ずれても、集光効率はさほど変わらない。なお、本実施形態のフィン130Aの形状はフィン130とは異なり、台形形状に加工されている。

【0059】ディスチャージ方式には、この他にプラズマ・フォーカス、キャピラリー・ディスチャージ、ホロウカソード・トリガードZピンチ等の方式があるが、同様なデブリ除去装置で実現可能である。

【0060】図8は、ポイントソース光源を用いたプロキシミティX線露光装置の概念図である。プロキシミティX線露光(PXL)は、波長1nm程度の軟X線を用いて、原版であるマスクをウェハに10 $\mu$ m程度に近接させて、等倍で露光する方法である。光源はEUV用の光源と基本的な構成は同様で、所望の波長が得られるように最適化されている。

【0061】図8で701は光源チャンバで高真空中に保たれている。702は本体チャンバでHeを20kPa程度に制御されている。703は構造体で装置を構成する各部材を剛に支持している。704は除振機構で、床からの外乱振動の伝達を遮断している。

【0062】705は発光点でそこから放射されたX線706がX線取り出し窓707を透過して、コリメータ708に入射され、平行化される。平行化されたX線はマスキングブレード709で画角が規制されて、マスク710に入射され、レジストが塗布されたウェハ711にマスクパターンが転写される。ウェハ711はウェハ

ステージ712に保持され、ステップ駆動することで、ウェハ全面に露光される。

【0063】プロキシミティX線露光でも光源からデブリが発生し、X線取り出し窓を汚染、損傷するので、前実施例と同様にフィン130Aを有する駆動部材を駆動することでデブリを効果的に除去することが可能である。なお、本実施形態のフィン130Aの形状はフィン130とは異なり、台形形状に加工されている。

【0064】次に、図9及び図10を参照して、上述の露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図9は、デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1(回路設計)ではデバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3(ウェハ製造)ではシリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0065】図10は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11(酸化)ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では、露光装置1によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17(現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0066】本実施例の製造方法によれば従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。また、従来例のように発光周期が量産レベル時の数kHzとなったときには、非常に難易度の高い技術となるパルス発光との同期を取る必要も無く、制御が簡単である。

【0067】以上、本発明の好ましい実施例を説明した

が、本発明はこれらに限定されずその要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

【0068】

【発明の効果】本発明によれば、良好なデブリ除去と良好なEUV光の利用効率を両立することができるデブリ除去装置及び方法、並びに、当該デブリ除去装置を用いた露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 EUV露光装置の概略図である。

【図2】 本発明に係るレーザープラズマ光源及びデブリ除去装置の概略図である。

【図3】 回転軸ずれによるEUV光の利用効率の簡単なモデル図である。

【図4】 デブリの吸着条件を表すグラフである。

【図5】 デブリ速度とデブリ除去率の関係を表すグラフである。

【図6】 本発明に係るレーザープラズマ光源及びデブリ除去装置の概略図である。

【図7】 本発明に係るデブリ除去装置の概略図である。

【図8】 本発明に係るプロキシミティX線露光装置の

概略図である。

【図9】 本発明の露光工程を有するデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図10】 図9に示すステップ4の詳細なフローチャートである。

【図11】 従来のデブリ除去装置の概略図である。

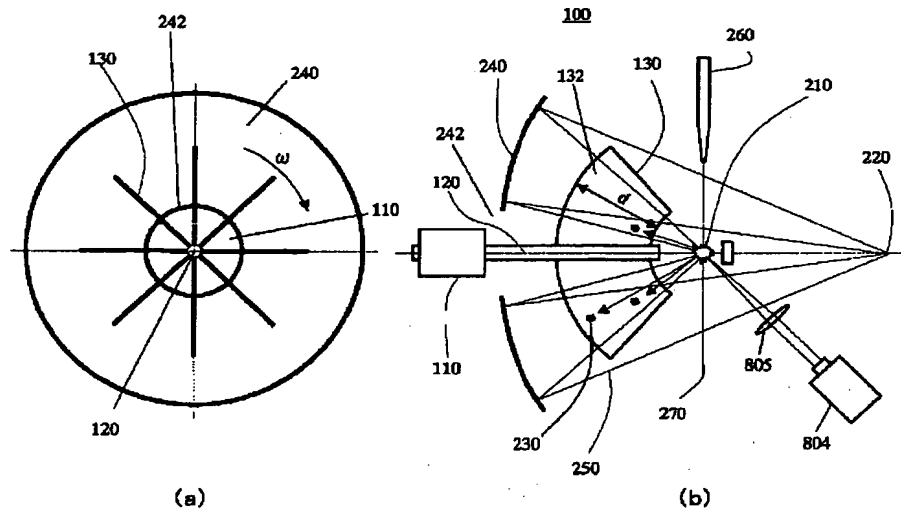
【図12】 従来のデブリ除去装置の概略図である。

【図13】 従来のデブリ除去装置の概略図である。

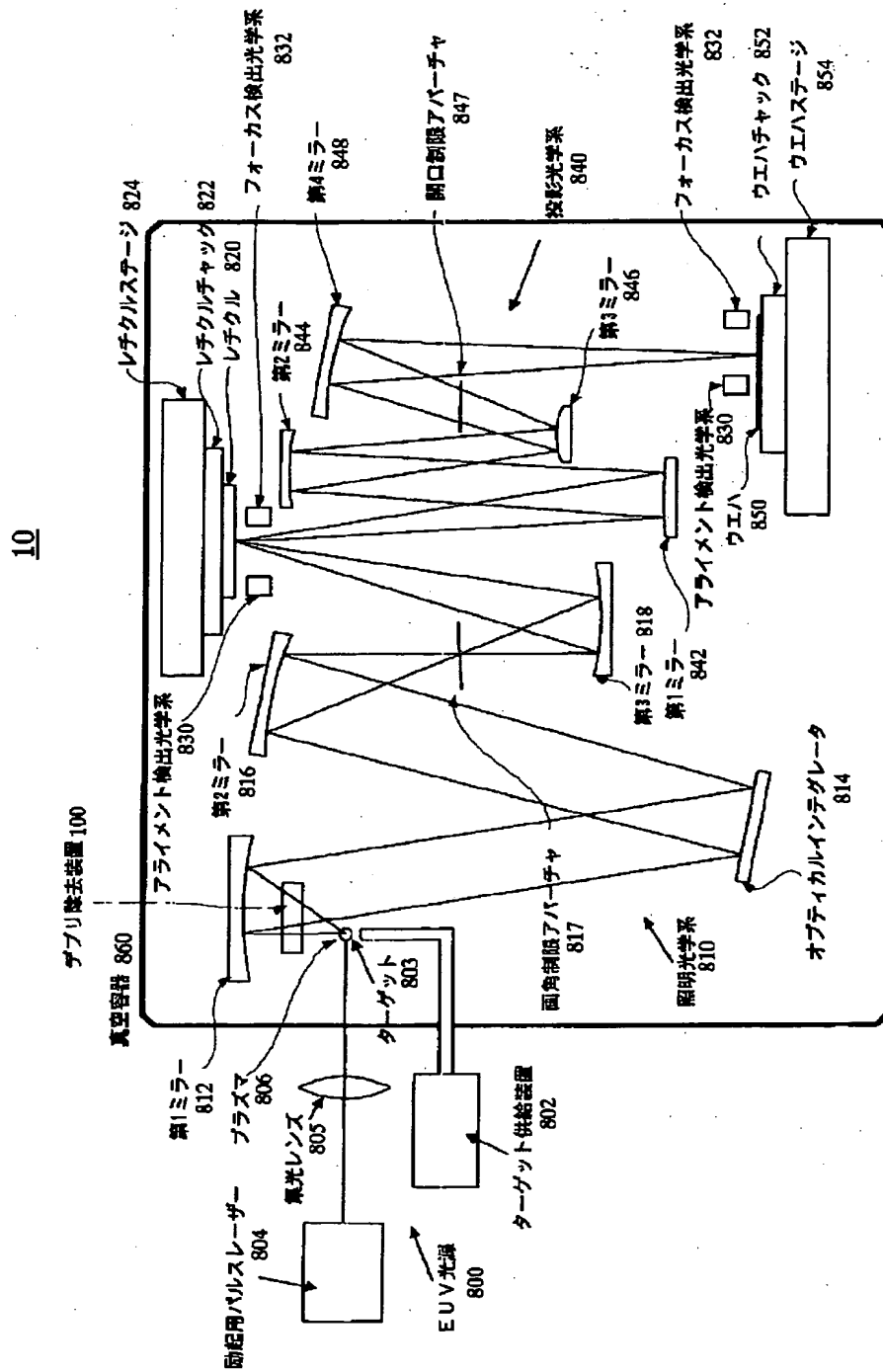
【符号の説明】

10	露光装置
100	デブリ除去装置
110	モーター
120	シャフト
130	フィン
132	吸着面
210	発光点
220	集光点
230	デブリ
806	プラズマ
810	照明光学系
840	投影光学系

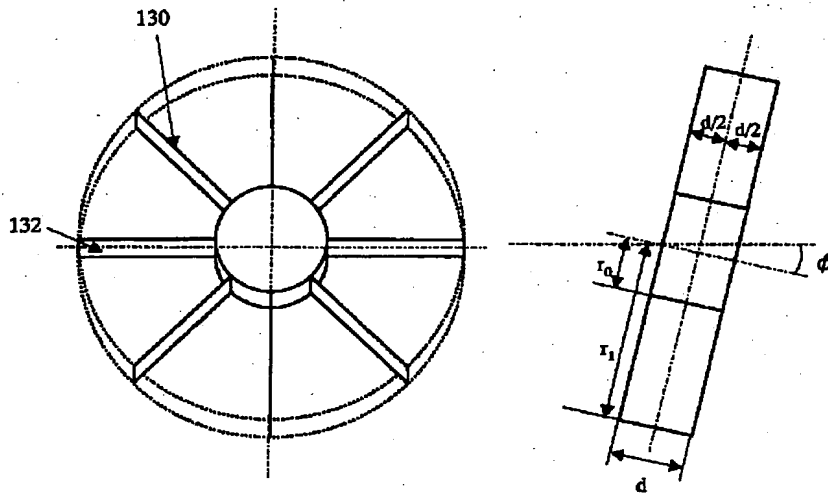
【図2】



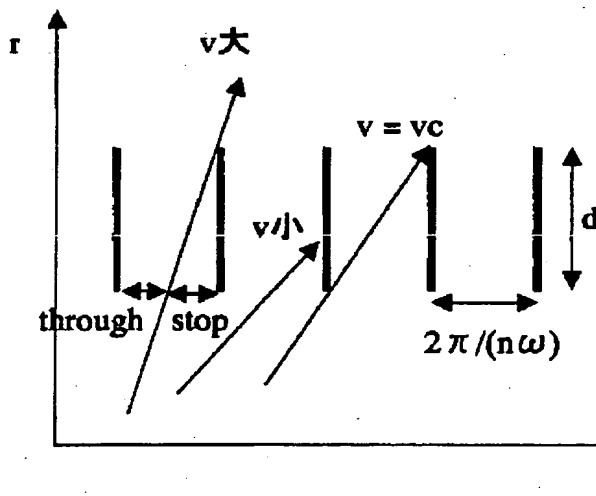
【図 1】



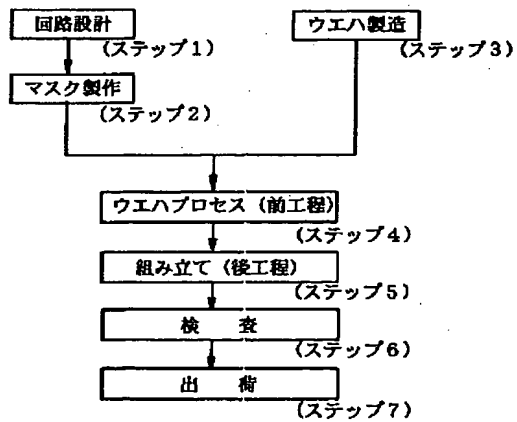
【図3】



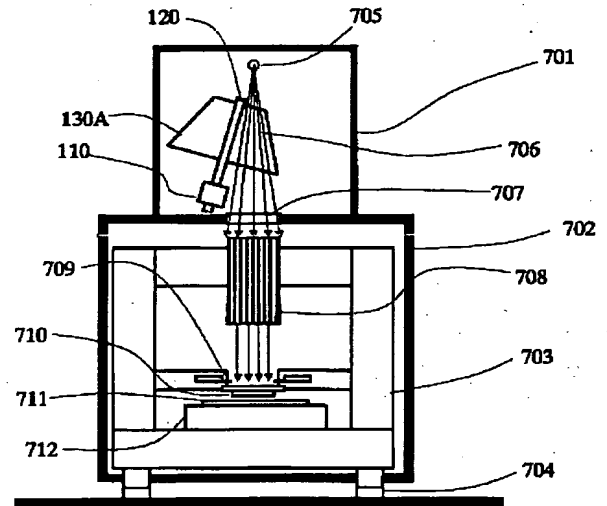
【図4】



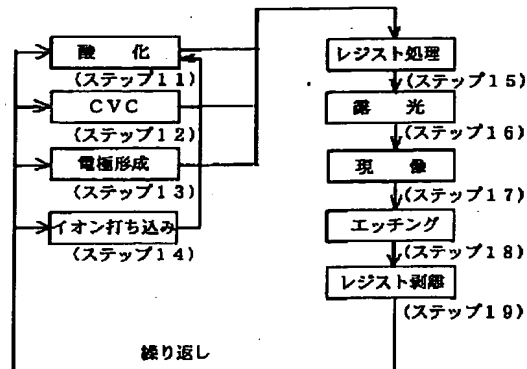
【図9】



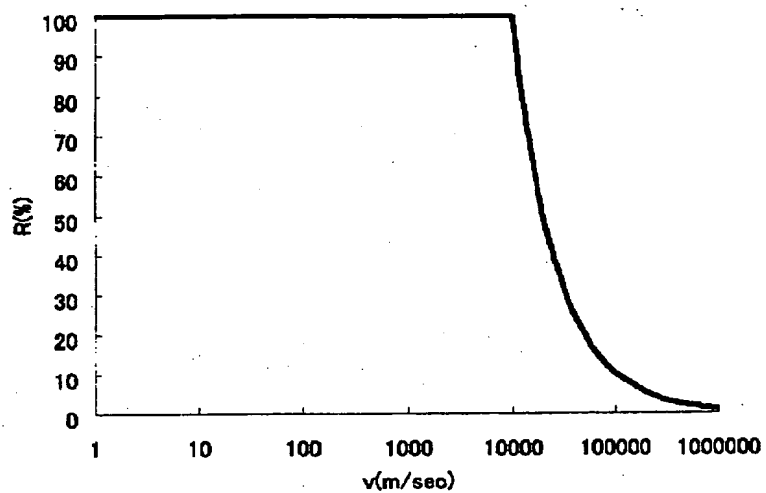
【図8】



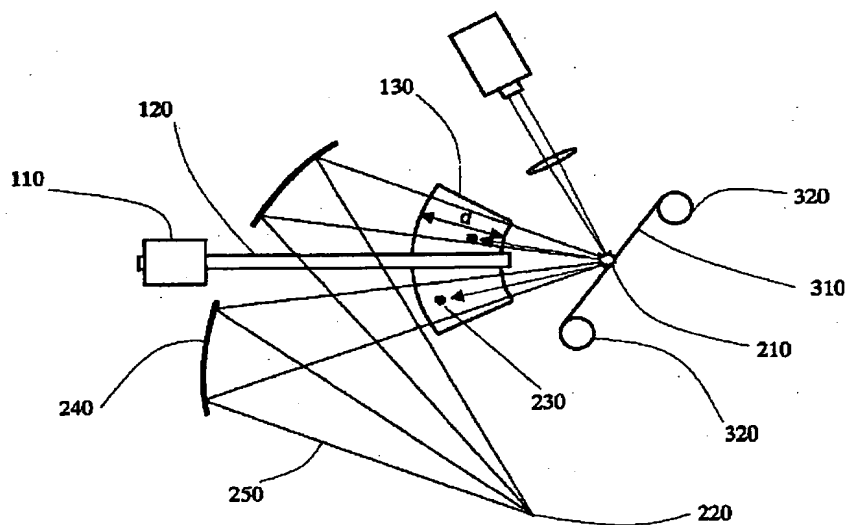
【図10】



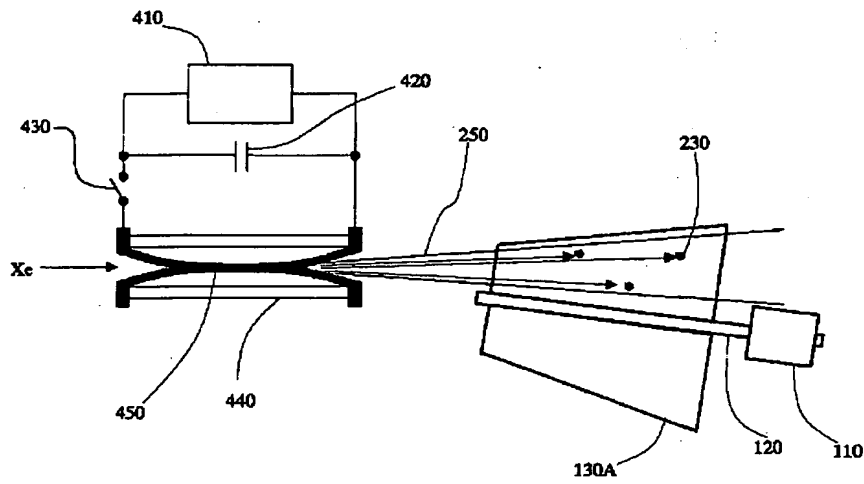
【図5】



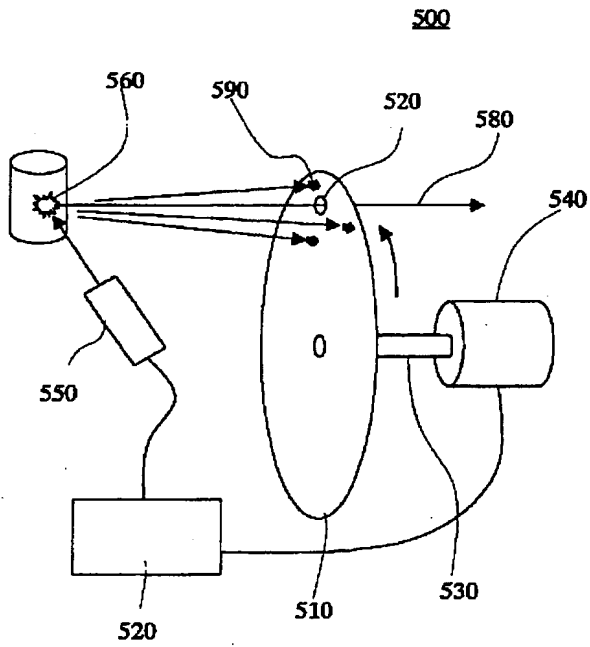
【図6】



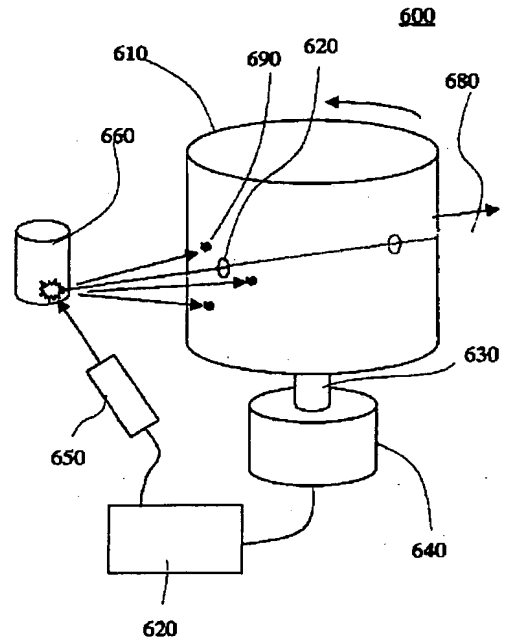
【図7】



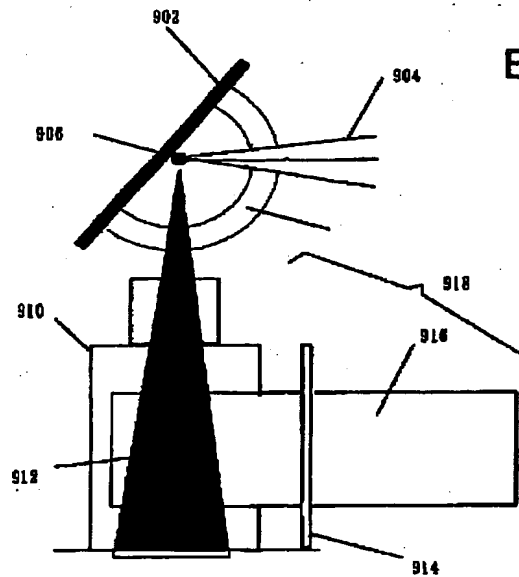
【図11】



【図12】



【図13】



BEST AVAILABLE COPY

フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 豊  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BA10  
2H097 BA04 CA15 LA10  
4C038 FF01 FF05 FG00  
5F046 GB07 GC03